

Aus dem Zentrum der Hals-Nasen Ohrenheilkunde
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt a. M.

Abteilung für Audiologie und medizinische Akustik
(Leiter: Prof. Dr. D. Röser)

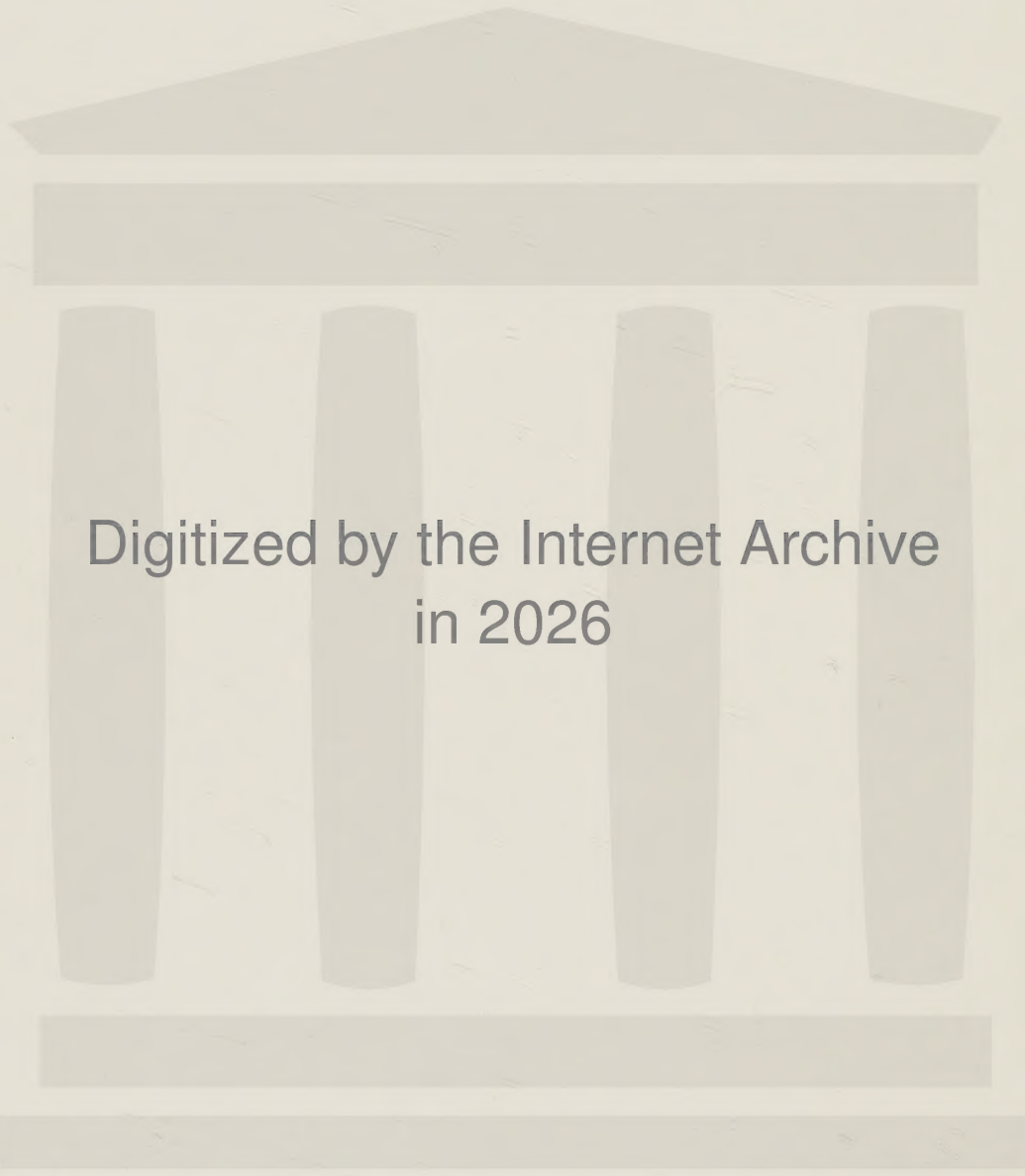
Möglicher Zusammenhang von gestörtem
Richtungsgehör und internen, ortho-
pädischen sowie neurologischen Er-
krankungen

Inaugural - Dissertation
zur

Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
des Fachbereiches Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt a.M.

vorgelegt von
Norbert H. Spies
Königstein i.Ts.

Frankfurt am Main 1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550826_0053

Aus dem Zentrum der Hals-Nasen Ohrenheilkunde
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt a. M.

Abteilung für Audiologie und medizinische Akustik
(Leiter: Prof. Dr. D. Röser)

Möglicher Zusammenhang von gestörtem
Richtungsgehör und internen, ortho-
pädischen sowie neurologischen Er-
krankungen

Inaugural - Dissertation
zur

Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
des Fachbereiches Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt a.M.

vorgelegt von
Norbert H. Spies
Königstein i.Ts.

Frankfurt am Main 1975



Dekan: Prof. Dr. med. O. Hövels
Referent: Prof. Dr.-Ing. D. Röser
Korreferent: Prof. Dr. Dr. G. Frenkel
Tag der mündlichen Prüfung: 22.4.1975

INHALT

I	Einleitung	1
II	Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert	10
III	Die klassische Mechanik im 19. Jahrhundert	20
IV	Die Optik im 19. Jahrhundert	30
V	Die Elektrizität im 19. Jahrhundert	40
VI	Die Wärmelehre im 19. Jahrhundert	50
VII	Die Akustik im 19. Jahrhundert	60
VIII	Die Astronomie im 19. Jahrhundert	70
IX	Die Geographie im 19. Jahrhundert	80
X	Die Biologie im 19. Jahrhundert	90
XI	Die Chemie im 19. Jahrhundert	100
XII	Die Medizin im 19. Jahrhundert	110
XIII	Die Philosophie im 19. Jahrhundert	120
XIV	Die Literatur im 19. Jahrhundert	130
XV	Die Kunst im 19. Jahrhundert	140
XVI	Die Religion im 19. Jahrhundert	150
XVII	Die Politik im 19. Jahrhundert	160
XVIII	Die Geschichte im 19. Jahrhundert	170
XIX	Die Ethik im 19. Jahrhundert	180
XX	Die Psychologie im 19. Jahrhundert	190
XXI	Die Soziologie im 19. Jahrhundert	200
XXII	Die Anthropologie im 19. Jahrhundert	210
XXIII	Die Linguistik im 19. Jahrhundert	220
XXIV	Die Philosophie der Natur im 19. Jahrhundert	230
XXV	Die Philosophie der Geisteswissenschaften im 19. Jahrhundert	240
XXVI	Die Philosophie der Religion im 19. Jahrhundert	250
XXVII	Die Philosophie der Kunst im 19. Jahrhundert	260
XXVIII	Die Philosophie der Politik im 19. Jahrhundert	270
XXIX	Die Philosophie der Geschichte im 19. Jahrhundert	280
XXX	Die Philosophie der Ethik im 19. Jahrhundert	290
XXXI	Die Philosophie der Psychologie im 19. Jahrhundert	300
XXXII	Die Philosophie der Soziologie im 19. Jahrhundert	310
XXXIII	Die Philosophie der Anthropologie im 19. Jahrhundert	320
XXXIV	Die Philosophie der Linguistik im 19. Jahrhundert	330
XXXV	Die Philosophie der Philosophie im 19. Jahrhundert	340

Meiner Mutter gewidmet

Ü b e r s i c h t

- I Einleitung
- II Richtungshörtheorien
 - A Physikalische Theorien
 - B Physiologische Theorien
- III Die zentrale Verarbeitung der Richtungseindrücke
- IV Die Physiologie des Richtungshörens
- V Eine besondere Charakteristik beim Richtungshören
- VI Störungen des Richtungsgehörs
- VII Eigene Untersuchungen
 - A Apparaturen und Prüfmethode
 - B Material und Kriterien
- VIII Auswertung der Ergebnisse
 - A Richtungsüberwiegen nach einer Seite
 - B "S-Charakteristik"
- IX Schlußbetrachtung
- X Zusammenfassung
- XI Literaturverzeichnis
- XII Lebenslauf

I Einleitung

Die Fähigkeit, aus einem Schalleindruck der Umgebung Richtung und auch Entfernung herzuleiten, war in den frühen Epochen für den Menschen und ist in der Tierwelt noch heute eine wesentliche Voraussetzung zum Überleben, denn das frühzeitige Lokalisieren der Gefahrenquelle ist für die Abwehr von größter Wichtigkeit. Für den Menschen der Neuzeit dient der Hörvorgang hauptsächlich der Kommunikation. Die Bestimmung der Schallrichtung erfordert keine Denkarbeit, sondern verläuft passiv zentral, ermüdet daher auch nicht. Jeder Höreindruck wird sofort im zentralen Nervensystem in eine entsprechende Richtungsempfindung umgewandelt.

WERTHEIMER hat erkannt, daß die Fähigkeit des Menschen zur Lokalisation eines gehörten Signales bereits 10 Minuten nach der Geburt besteht. Obwohl der Mensch heute zu seiner Verteidigung das Richtungs-hören nicht mehr benutzt, ist die reflektorische Kopfbewegung nach der vermuteten Herkunft eines Geräusches jedem wohlbekannt (MARX). Die Fähigkeit, die Richtung des gehörten Geräusches zu bestimmen, ist an die hörbaren Tonfrequenzen zwischen 16 Herz und 16 Kiloherz gebunden. Unterhalb und oberhalb

dieser Werte ist Richtungshören nicht mehr möglich, weil nur innerhalb der angegebenen Grenzen gehört werden kann. Das Erkennen der Richtung einer Schallquelle, also die Rechts-Linksunterscheidung, bedarf des binauralen Hörens. Nur wenn beide Ohren zusammenwirken, geben sie die Möglichkeit, die Richtung des Schalles spontan zu bestimmen. Nach den heute bekannten Theorien erfolgt die Richtungs-erkennung aufgrund der Anordnung der Ohren am Kopf über das binaurale Gehör. Außer wenn das Geräusch aus der Medianebene des Kopfes kommt, stellt der Schall für beide Ohren zwei differente Schallereignisse dar, die aus unterschiedlichen Entfernungen das Hörorgan erreichen. Nachfolgend sollen die verschiedenen physikalischen Richtungstheorien zusammengefaßt werden.

II Richtungstheorien

A Physikalische Theorien

1. Die Zeitdifferenz-Theorie:

Bereits 1915 haben v. HORNBOSTEL und WERTHEIMER festgestellt, daß ein Schallereignis dann als optimal seitlich registriert wird, wenn der Unterschied zwischen Eintreffen des Schalls am zugewandten und am abgewandten Ohr $1/1600$ sec ($=0,6$ msec) ausmacht. Diese Zeitdifferenz entspricht dem Wegunterschied, den der Schall zusätzlich zurücklegen muß, um bei seitlichem Einfall auch das gegenüberliegende Ohr zu erreichen.

Das entspricht einem Ohrabstand von 21 cm. Größere Zeitunterschiede als 0,6 msec kommen beim natürlichen Richtungshören nicht vor, die Differenz entspricht einem Seitenwinkel von 90° . Alle Zwischenwinkel bedeuten Zeitunterschiede zwischen 0 und 0,6 msec.

2. Die Phasen-Theorie:

HALVERSON war der Meinung, daß zum Richtungshören die Phasendifferenzen ausschlaggebend sind und nicht der Faktor Zeit. Nach seinen Untersuchungen kam er zu der Vorstellung, daß Zeitdifferenz und Phasendifferenz für die Entstehung des Richtungseindrucks nicht gleichwertige Faktoren sind. WILSON und MYERS formulierten die Phasentheorie dahingehend, daß Phasendifferenzen Unterschiede der Lautempfindung der gekreuzten Bahnen zum Gehirn erzeugen. Heute kann man sagen, daß Phasendifferenz mit Zeitdifferenz identisch und austauschbar sind und daß der Begriff Zeitdifferenz bei kurzen Impulsen angewendet werden sollte, der Begriff Phase als Terminus bei reinen Tönen.

3. Die Intensitäts-Theorie:

Sie begründet sich auf der schallabschattenden Wirkung des Kopfes und im richtungsgebenden Effekt der Ohrmuschel. 1924 schrieb OGDEN, daß die Richtungsempfindungen von der Lautstärke, in welcher dem jeweiligen Ohr ein Geräusch oder ein Ton angeboten wird, abhängig

ist. SIVIAN und WHITE haben festgestellt (1933), daß bis zu 30 Dezibel Unterschied in der Lautstärke zwischen beiden Ohren festzustellen sind, wenn der Schall genau seitlich einfällt. Aus anderen Untersuchungen geht allerdings hervor, daß im Bereich bis etwa 800 Herz auch im Ohr, welches dem Schall abgewandt ist, tiefe Töne in nahezu gleicher Intensität wahrgenommen werden. Doch oberhalb 800 Hz werden bei seitlicher Beschallung beachtliche Intensitätsunterschiede zwischen linkem und rechtem Ohr nachgewiesen, die einen deutlichen Richtungseindruck auslösen. WENDT hat in einer neueren Arbeit nachgewiesen, daß der interaurale Intensitätsunterschied bei tiefen Frequenzen bis zu 1000 Hz als Ortungskriterium nicht in Frage kommt. Dagegen wird die Schallrichtung bei Impulsen mit breitem Frequenz-Spektrum durch interaurale Intensitätsunterschiede deutlich beeinflußt.

4. Die Kombinations-Theorien:

Für das Zustandekommen des Richtungshörens gibt es unterschiedliche Erklärungen, die jede für sich belegt werden können. Daraus ergibt sich der Schluß, daß der Gesamtkomplex Richtungshören sowohl für alle

Frequenzen als auch für alle möglichen Schalleinfallswinkel durch eine Theorie allein nicht erklärt werden kann. Nach neueren Auffassungen bietet sich zum Erläutern der physikalischen Seite des Problems Richtungshören eine Kombination aus zwei Theorien an, der Zeitdifferenz-Theorie und der Intensitätstheorie. Mit Ausnahme höherfrequenter Dauertöne lassen sich alle Geräusche und alle tiefen Töne anhand der Laufzeitdifferenz eindeutig und exakt lokalisieren. Die Erklärung für das Erkennen der Richtung sehr hochfrequenter Töne läßt sich mit der Intensitätstheorie finden. Somit ergeben beide Theorien kombiniert ein lückenloses Vorstellungsmodell für das Richtungshören (ASCHOFF; HECHT).

KIETZ formuliert es so, daß eine genaue Bestimmung der Richtungswinkel nur über die Zeitdifferenz möglich ist, während Lautstärkenunterschiede nur die Rechts-Links-Unterscheidung zulassen. Auch DUYFF, van GEMERT und SCHMIDT geben an, daß sich die Lokalisationsfähigkeit seitlich einfallender Schallereignisse durch die Intensitätstheorie erklären läßt und daß durch die Zeitdifferenzen das Richtungshören für alle aus Blickrichtung einfallenden Geräusche und Töne möglich ist. WENDT erklärt diese

Tatsache damit, daß hochfrequente Dauertöne mit konstanter Amplitude in der Natur nicht vorkommen, die daher auch mittels Zeitdifferenzen nicht exakt sondern nur seitenrichtig lokalisiert werden können.

B Physiologische Theorien

Die physiologischen Richtungshör-Theorien lassen sich von den physikalischen Richtungshör-Theorien nicht trennen. Sie befassen sich mit der Verarbeitung des gehörten Geräusches im zentralen Nervensystem und finden ihre Erklärung ebenfalls durch Zeitdifferenz und Lautstärkendifferenz. Nach KIETZ beziehen sich die Theorien zur Erklärung des zentralen Hörvorgangs nur auf die Laufzeitunterschiede, nachdem er festgestellt hatte, daß Lautstärkenüberschüsse eines Ohres eine zentrale Umwandlung in einen zusätzlichen Zeitunterschied erfahren.

1. Das Auszählmodell:

Hier ist eine Theorie entwickelt worden, die die Möglichkeit bietet, geometrische Größen zur Vorstellung des Richtungshörens heranzuziehen. Nach v. BÉKÉSY wandern die an beiden Ohren eintreffenden Erregungen nerval mit konstanter Geschwindigkeit zu einer Zellgruppe hin - die für das Richtungshören ein geometrischer Ort sein soll - und

treffen sich dort. Der endgültige Erregungszustand weist die Schallrichtung gewissermaßen als Ergebnis einer Addition von mehr "links" oder mehr "rechts" erregten Zellen aus. Untersuchungen von HALL an der Katze, haben seine Theorie grundsätzlich als Modellvorstellung bestätigt.

2. Das Latenzmodell:

JEFFRESS erklärte die Fähigkeit zum Richtungshören durch die sogenannten Koinzidenzeinheiten. Diese bedeuten, daß die vom Schall in beiden Ohren ausgelösten Erregungen selektiv in den abgehenden Nervenfasern Potentialdifferenzen auslösen. Es werden nur solche Impulse weitergeleitet, die keine Potentialdifferenz aufweisen, wenn also beiden Signalen die gleiche Laufzeit gemeinsam ist.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Fähigkeit, den Standpunkt einer Schallquelle im Raum zu lokalisieren, auf die Anordnung der Ohren am Kopf und auf den unterschiedlichen Reiz zurückzuführen ist, der in beiden räumlich getrennten Hörorganen ausgelöst wird. Der Zusammenhang zwischen der unterschiedlichen Entfernung beider Ohren von der Schallquelle und der zeitlichen Verschiebung wurde schon mehrfach mathematisch untersucht, wobei die vom Schädel bedingte

Schallbarriere in Form einer Kugel angesetzt wurde. Lord RALEIGH hat die ersten Berechnungen dieser Art geliefert.

Von HORNBOSTEL und WERTHEIMER haben für die Wegdifferenz in Abhängigkeit vom Schalleinfallswinkel folgende Beziehung aufgestellt:

$$d = K \cdot \sin \Omega$$

(d = Wegdifferenz des Schalls zwischen beiden
Ohren bei seitlichem Einfall)

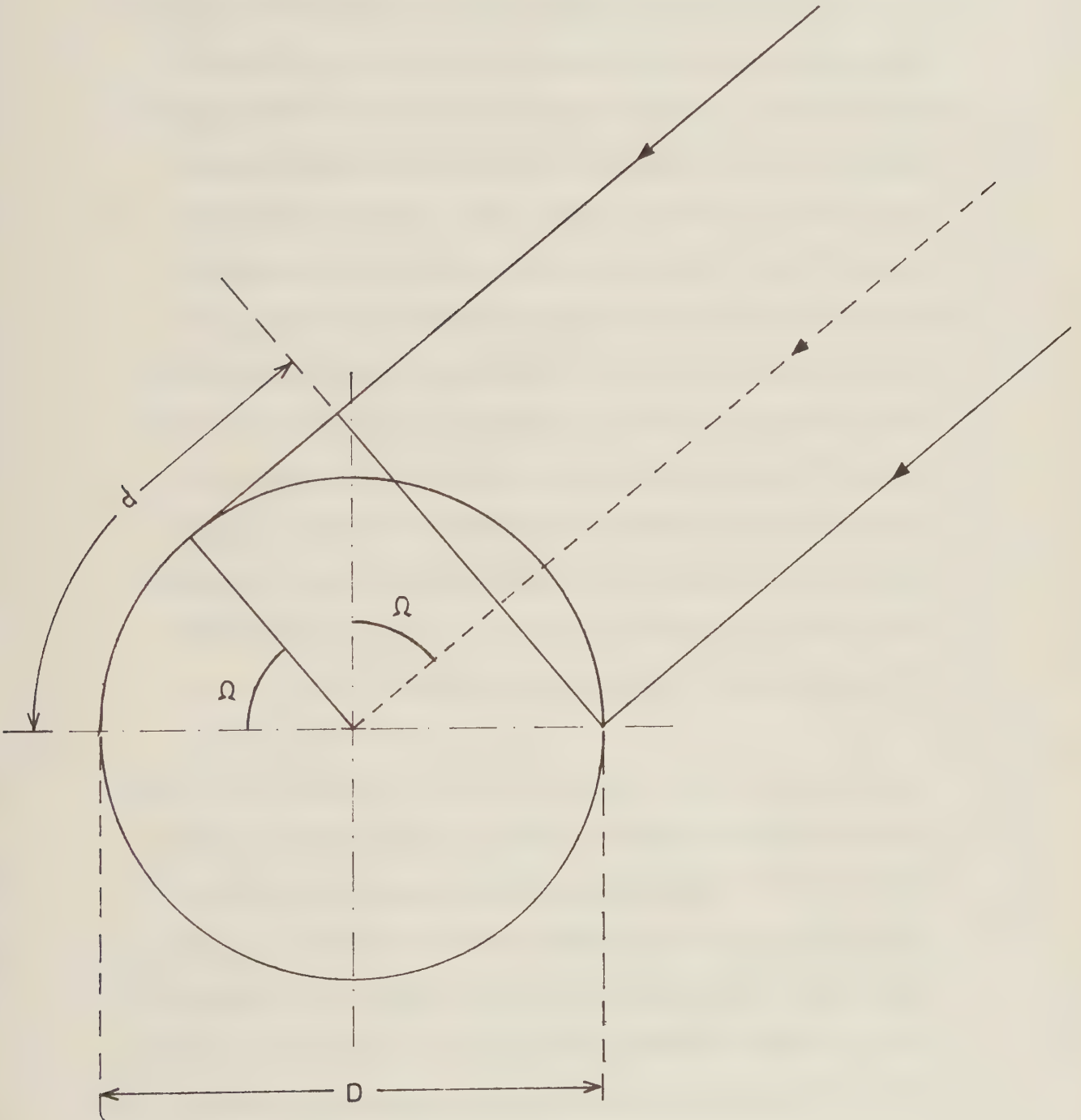
(K entspricht dem Kopfdurchmesser von 21 cm)

KIETZ hat die Gleichung verbessert (d bedeutet wieder die Schallwegdifferenz),

die Formel für den interauralen Wegunterschied lautet dann:

$$d = \frac{D}{2} (\Omega + \sin \Omega)$$

Interauraler Wegunterschied



Nach dem bisher gesagten kommt die Richtungshörvorstellung durch zwei Faktoren zustande und zwar den Laufzeitunterschied und die Lautstärkendifferenz, jeweils zwischen dem linken und rechten Ohr. Aus den gesammelten Erfahrungen charakteristischer Klangbilder erfolgt aus Klangfarbenunterschieden die Deutung der Richtung vorn, hinten, oben und unten (CHRISTIAN und RÖSER). Das wesentliche Moment für die Richtungserkennung bleibt der Laufzeitunterschied (RÖSER;MATZKER). Da sich das Richtungshören durch zwei Theorien erklären läßt, muß zentral gesehen eine der beiden Komponenten eine Umwandlung erfahren. Nach RANKE wird die Lautstärkendifferenz in einen zusätzlichen Zeitunterschied umgewandelt, erklärt durch die unterschiedliche Geschwindigkeit der Reizleitung.

KEMP, COPPÉE und ROBINSON stellen fest, daß die Latenzzeit mit stärker werdendem Reiz immer kürzer wird. KIETZ erklärt die Umwandlung der Lautstärkendifferenzen in Zeitdifferenzen dadurch, daß jedes Schallgemisch auf der Basilarmembran in einzelne Teilschwingungen zerlegt wird, was eine Folge von zentralwärts geleiteten Nervenimpulsen hat. Die zeitliche Auslösung der Impulse ist von der Stärke der akustischen Erregung abhängig, indem sich der

Auslösepunkt auf der Sinuskurve nach der Amplitude und damit auch zeitlich verschiebt. KIETZ hat später die Wippwelle als mögliche Erklärung der Umwandlung von Intensitätsdifferenzen in Zeitdifferenzen angegeben. Nach dieser Vorstellung tritt im Innenohr an der Basilarmembran an zwei dicht nebeneinanderliegenden Stellen in entgegengesetzter Richtung ein Ausbauchen auf. Der Ort dieser Gegentaktschwingung ist für jede Frequenz festgelegt. Die durchgebogene Membran berührt dann die Membrana tectoria, wodurch der Nervenimpuls ausgelöst wird. Ein stärkeres Ausbauchen durch größere Lautstärke am abgewandten Ohr, welches die Schallwellen etwas später erreichen, führt dann zu einer Kompensation der Ausbauchung im Ohr der Gegenseite, dessen Membrana tectoria früher von den Schallwellen erreicht wird, aber schwächer ausgelenkt wird.

Nach BORING und MATZKER werden im Gegensatz zu dieser Vorstellung alle Laufzeitenunterschiede in zusätzliche Lautheitsunterschiede verwandelt. Auf der Seite des zuerst erregten Ohres werden von den Impulsen, die eine Hörempfindung auslösen, an den Schaltstellen gleichzeitig auch Hemmungsimpulse auf die Gegenseite gesandt. Die Impulse des später erregten

Ohres erreichen dann eine bereits gehemmte Umschaltstelle. Somit löst das früher erregte Ohr die entsprechende Richtungsempfindung zentral aus. Diese Annahme erklärt allerdings noch nicht, auf welche Weise Laufzeitunterschiede die Vorstellung einer bestimmten Richtung auslösen können. V. BEKESY arbeitet nach der Vorstellung, daß rechte und linke Nervenbahnen durch Querverbindungen miteinander in Kontakt stehen. Die früher ablaufenden Impulse erreichen auf dem Weg zur anderen Seite entsprechend mehr Nervenzellen als die des später erregten Ohres, dessen Impulse einen kürzeren Weg auf der Kette der verbindenden Nervenzellen zurücklegen. Die von beiden Impulsen erreichte Zelle repräsentiert dann den entsprechenden Richtungseindruck. Impulse von größerer Intensität werden aber schneller fortgeleitet.

III Die zentrale Verarbeitung der Richtungseindrücke:

Das Richtungshören ist nach MATZKER und WELKER eine reine Leistung des Hirnstamms, wo aufgrund von Zeitdifferenzen ein Richtungseindruck erzeugt wird. Durch die Hirnstammschaltung wird aus einem Zeitunterschied ein Lautheitsunterschied, von welchem dann der Richtungseindruck ausgelöst wird. Höhere Intensität des abgewandten Ohres kann diesen Unterschied und damit

den Richtungseindruck aufheben. Nach DUNKER und KRÄMER geht das Richtungslauschen nicht aus von parallel verlaufenden Verarbeitungsprozessen im oberen Cochlearisgebiet, sondern nur eine Bahn vom lateralen Kern der oberen Olive zum gleichseitigen anteroventralen Cochleariskern bewirkt die Erregbarkeitssteigerung auf der Seite der Schallquelle mit einer gleichzeitigen Latenzverkürzung. Die Autoren sind überzeugt, daß die Schall-Lokalisation kein einheitlicher Verarbeitungsprozess in der oberen Olive ist, sondern verschiedene Neuronen für die Verarbeitung herangezogen werden. Grundsätzlich bringen beide Ohren zusammen 2 Schallbilder, die zentral zu einem Höreindruck vereinigt werden. Es ist aber auch möglich, daß beide Ohren sich deutlich unterscheidende Informationen weitergeben, die dann zentral auch wie 2 Höreindrücke behandelt werden. So hat FELDMANN beobachtet, daß beiden Ohren zwei gänzlich ungleiche Texte gleichzeitig angeboten werden können, wovon willkürlich und bewußt zentral nur einer verarbeitet wird. Erst eine Lautstärkerhöhung um 40 - 50 dB des vorher nicht erfaßten Störtextes führt zum Diskriminationsverlust des bewußt gehörten Textes. Damit wird bewiesen, daß

die Hörbahnen des linken und des rechten Ohres völlig gegeneinander abgedichtet sein können, zumal keine Testperson sich an den mitlaufenden Störtext gleicher Intensität erinnern kann.

IV Die Physiologie des Richtungshörens

KOBRAK erklärt den normalen Hördualismus dahingehend, daß "Reintonhören und Mischtonhören zwei funktionell miteinander verbundene Vorgänge sind, davon jeder aber vorwiegend an einer besonderen Stelle des peripheren Cochlearnerven lokalisiert zu sein scheint, das Mischtonhören - epithelial - im Cortischen Organ (Cortal), das Reintonhören - retroepithelial - im Ganglion spirale (Retrocortal)".

Nicht nur eine Erregung, sondern auch eine Hemmung bestimmter Zellen für einen zweiten, gleichartigen, aber später eintreffenden Reiz wird durch jedes Schallangebot vom Nucleus cochlearis an erzeugt. Bis hierher werden nur Erregungen vom Ohr einer Seite ausgelöst. In der Oliva superior lassen sich bereits Impulse von beiden Ohren auslösen. Es können also an diesem morphologischen Substrat bereits Unterschiede zwischen zwei akustischen Signalen der beiden Ohren festgestellt werden. Vorausgesetzt, es besteht ein Zeitunterschied von mindestens 0,02 msec zwischen den

aus beiden Ohren eintreffenden Reizen MATZKER (1). Die Schallquelle wird in die Richtung gedeutet, die dem zuerst vom Signal erreichten Ohr entspricht.

Mit Vergrößerung der Zeitdifferenz wandert die Schallquelle immer weiter seitwärts, bis sie etwa bei 0,6 msec genau querab vom Kopf zu stehen scheint. Sie bleibt dann bis 2,0 msec scheinbar an diesem Punkt stehen, bei weiter wachsendem Unterschied im Eintreffen der Signale zerfällt dann das Gehörte in zwei Schalleindrücke. Das Richtungshören findet also innerhalb der oben aufgezeigten zeitlichen Grenzen statt. Diese Grenze für das Entstehen zweier differenter Schallbilder bezieht sich auf unterbrochene Geräusche; für reine Töne liegt sie um das Zehnfache höher. Letzte Schaltstation unterhalb der Hirnrinde ist der Hirnstamm, und zwar die Region vom Nucleus cochlearis bis zum Corpus geniculatum mediale MATZKER (4), RÖSER (2).

V Eine besondere Charakteristik beim Richtungshören

Eine Besonderheit beim Richtungshören stellt die sogenannte "S-Kurve" dar. WENDT untersuchte die Tatsache, daß der dem zunehmenden Schalleinfallswinkel zugeordnete

Laufzeitunterschied mathematisch nicht direkt zugeordnet ist. Er stellte fest, daß die Zeitdifferenz proportional kleiner ist als der Richtungswinkel. Gesunde Probanden zeigen sehr häufig ein Abweichen bei größer werdendem Einfallswinkel in der Zuordnung zur wirklichen Schallrichtung, indem sie den Ort der Schallquelle zu weit nach außen verschieben (JONGKEES).

VI Störungen des Richtungsgehörs, deren Erkennen und Lokalisation:

Verschiedene Formen von Hörstörungen bei zentralen Prozessen sind untersucht worden. SIEBENMANN begründete um die Jahrhundertwende die Suche nach zentralen Diagnosen der einzelnen Hörstörungen. Zunächst werden die höheren Hörfunktionen durch Hirnprozesse beeinträchtigt, während das Reintongehör erst beim Verlust von mehr als 90 % der Nervensubstanz Störungen aufweist, das Sprachgehör früher und ausgeprägter als das Tongehör, was man als Schizakusis bezeichnet, eine pathologische Erscheinungsform des Hördualismus (KOBRAK).

Das Richtungsgehör bietet sich als Prüffaktor für die zentralen Hörfunktionen wegen seiner komplizierten

Verarbeitungsvorgänge an. Jedoch wird es durch den weit zentralwärts gelegenen Ort der Schallaufbereitung durch intracranielle Prozesse erst spät gestört. Große Abweichungen zur Seite eines Tumors werden bei Schläfenlappenprozessen beobachtet, bei Stammhirnherden werden dagegen Abweichungen zur gesunden Seite hin festgestellt (LANGENBECK).

GREENE war der Meinung, daß es eine eindeutige Verbindung von vermindertem Richtungshören und Tumoren in bestimmten Hirnhemisphären gäbe - ausgeprägt bei raumfordernden Prozessen im Temporallappen. Er gibt außerdem einen erhöhten intracraniellen Druck als weiteren möglichen Grund für gestörtes Lokalisationsvermögen an. GÜTTICH stellte Störungen des Richtungsgehörs im Zusammenhang mit einem großen Medulloblastom des 4. Ventrikels fest.

FELDMANN beobachtete bei einer Patientin nach Contusio cerebri mit einem Herd links, parietal, ein starkes Sinken der Diskrimination auf der rechten Seite. Durch den Unfall war also die Fähigkeit, Schallbilder getrennt fortzuleiten, nachhaltig gestört.

Schwerhörige lokalisieren den Ort einer Schallquelle meist in das besser hörende Ohr. Weiterhin wird im vorgerückten Alter ein Nachlassen des Richtungsgehörs festgestellt. Allerdings erlaubt die große individuelle Streubreite klinisch-diagnostisch keine exakte Auswertung (LANGENBECK). Ein Zusammenhang von Qualität der Hörfähigkeit und der des Richtungshörens andererseits wird nicht gesehen.

NORDLUND hat den Versuch unternommen, Richtungsgehör-Prüfungen als Hilfe für die topische Diagnose von Hörstörungen zu benutzen. Er stellte dabei im Bereich der Mittelohr-Hörstörungen fest, daß etwa 70 % Patienten mit chronischer Otitis ein gestörtes Lokalisationsvermögen aufweisen, ebenso verhält es sich bei nicht operierter Otosklerose. Bei Schalleitungsschwerhörigkeit ist ebenfalls das Richtungsgehör vermindert, dies unabhängig, ob es sich um eine einseitige oder beidseitige Erkrankung handelt. Bei Schallempfindungsschwerhörigkeit, die auf das Innenohr beschränkt ist, ist das Lokalisationsvermögen kaum beeinträchtigt, während Schwerhörigkeit mit Lokalisation im zentralen Teil des Hörsystems eine Reduktion des Richtungsgehörs zur Folge hat. So war das Richtungsgehör der Patienten mit Veränderungen

im Cochlearisgebiet nur wenig beeinflußt. Ausgeprägte Störungen der Lokalisationsfähigkeit weisen hingegen die Probanden mit Läsionen im Bereich des Hörnerven oder der Pons auf. Einseitig taube Patienten lokalisieren zumeist falsch, währenddessen bei Vestibularisstörungen normale Richtungshörfähigkeit angetroffen wird.

Eine Methode zur sicheren Klärung, ob ein zentraler Prozess beim Vorliegen einer Hörstörung angenommen werden muß, hat MATZKER (4) entwickelt. Die frequenzabhängige Auswertung derjenigen interauralen Zeitunterschiede, die ein Wandern der Richtungsvorstellung aus der Kopfmitte heraus bewirken, ergeben ein sogenanntes "Richtungsband". Das daraus ablesbare Intervall für den Mitteneindruck gibt die Abweichung von der Norm und Aufschluß über etwaige zentrale Prozesse sicherer, als es etwa die Röntgendiagnostik vermag.

VII Eigene Untersuchungen

Insgesamt erhebt sich die Frage, ob es einen Zusammenhang zwischen audiometrisch gesicherten Richtungs Hörstörungen und Diagnosen des klinisch-internistischen Bereiches gibt. Nachfolgend werden Untersuchungs- und Prüfungsmethoden beschrieben, mit deren Hilfe ein

größeres Patientengut untersucht wurde. Nach einem festgelegten Schlüssel wurden vergleichbare Fälle ausgewertet und anhand der bekannten klinischen Diagnose in einzelnen Gruppen zusammengefaßt.

Der rechnerische Vergleich soll Auskunft geben, ob es ein Überwiegen der Abweichungen des Richtungsgehörs nach einer charakteristischen Seite beim Vorliegen derselben Diagnose gibt.

A Apparaturen und Prüfmethode

Die Richtungshörprüfung wird nur in der Horizontalebene durchgeführt, da die uns hauptsächlich erreichenden Geräusche und Töne meist aus dem Blickwinkel der sitzenden oder stehenden Person kommen, so daß die Versuchsanordnung den am häufigsten zu bestimmenden Schallereignissen entspricht. Die größte Genauigkeit des Ortungsvermögen liegt genau vorn in der Mitte des Hörenden.

Für die Untersuchungen stehen 9 Lautsprecher zur Verfügung, angeordnet auf einem Teil eines Kreises um den sitzenden Probanden in Augenhöhe. Der Winkelabstand der

Lautsprecher voneinander beträgt 7.5° , damit ergibt sich nach beiden Seiten eine mögliche Höchstabweichung von der Mittellinie von 30° . Der Abstand des Kopfes von den beiden äußersten Lautsprechern beträgt 2.0 m, von den übrigen 2.3 m.

Der Patient muß die jeweilige Zahl des numerierten Lautsprechers angeben, aus welchem er das Signal zu hören glaubt. Attrappen von Lautsprechern, die nach beiden Seiten die Kette der wirklich arbeitenden Schallgeber verlängern, ermöglichen dem in seinem Richtungsgehör gestörten Patienten auch in extremen Fällen den Schall in die von ihm fälschlich angenommene Richtung zu lokalisieren.

Als Prüfschall wird ein weißes Rauschen verwendet, das durch einen besonderen Elektronenschalter knackfrei eingeschaltet wird, mit einer Lautstärke von 70 dB (A), gemessen am Ohr des Patienten. Zum Vergleich dazu liegt der Schallpegel einer Unterhaltung aus 1 - 2 m Entfernung etwa bei 65 dB (A).

Die Qualität der Untersuchungsergebnisse hängt von verschiedenen Umständen ab. Einmal darf dem Patienten keine allzugroße geistige Leistung abverlangt

werden, um ein gleichmäßiges, verwendbares Resultat zu erhalten. Jedem Patienten werden 4 Testreihen zu je 9 Signalen in verschiedener Reihenfolge angeboten; wir erhalten somit 36 Antworten. Jedes Einzelgeräusch ertönt etwa 2 sec, die Pause dazwischen beträgt 1 sec. Damit läßt sich die Untersuchung in etwa 3 Minuten durchführen und der Wille zur Mitarbeit wird nicht allzusehr strapaziert.

Fehlmessungen ergeben sich hin und wieder, einmal aus dem Unverständnis des Prüfvorgangs und zum anderen aus dem Desinteresse an einer Hörprüfung überhaupt.

Weiterhin wird ein Tonaudiogramm erstellt für Frequenzen zwischen 250 und 8000 Hz, entsprechend c1 - c6 (250 Hz = c1, 500 Hz = c2, 1000 Hz = c3, 2000 Hz = c4, 4000 Hz = c5, 8000 Hz = c6).

Die Schwellenwerte des Tonaudiogramms werden jedem Ohr einzeln angeboten, um eine etwa bestehende Asymmetrie des Hörvorganges aufzudecken. Die Hörverluste werden notiert und die Differenz errechnet.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	7	12	13	10	11	5		4		5	5	5	1	3	
11	12	9		4	5	8	9	5					4		
8	9	4	5	7	8	10	11	6	7		7	7	1	3	
4		6		11	12	6	7	7	8	8	8	8		4	
12	13	10	11	5		4	5	8	9	9	9	9		4	
7	8	7	8	8	9	9	10	9	10		10	10	1	3	
9	10	11	12	12	13	12	13	10	11	11	11	11		4	
5		5		6	7	7	8	11	12	12	12	12		4	
10	11	8	9	9	10	11	12	12	13	13	13	13		4	
													7	29	0

Anhand des obigen Beispiels eines Prüfbogens sei der Ablauf einer Richtungsgehörprüfung mit 36 nacheinander erfolgenden Einzelprüfungen in stets gleicher Reihenfolge erläutert.

Die Spalten 1,3,5 und 7 stellen die Position der jeweils eingeschalteten Lautsprecher dar. In den Spalten 2,4,6 und 8 werden die Abweichungen festgehalten. Wenn also in Spalte 1 etwa der Lautsprecher 9 ertönt und der Patient 10 zu hören glaubt, wird letzterer Wert in Spalte 2 hinter die Ziffer 9 notiert. Geordnet nach der Richtung erscheinen dieselben Zahlen wieder in den Spalten 10 bis 13. Rubrik 14 enthält alle richtigen Angaben, Rubrik 15 die Anzahl der Abweichungen nach rechts, Rubrik 16 die nach links.

Bei ungestörtem Richtungsgehör lautet die Zahlenfolge in den Rubriken 14 - 16 demnach 36/0/0. Aus den Summen der Spalten 14,15 und 16 läßt sich somit ablesen, ob eine Störung des Richtungsgehörs vorliegt.

Im vorliegenden Beispiel hat der Patient von 36 möglichen nur 7 Lautsprecher richtig lokalisiert. Dagegen hat er in 29 Fällen die Geräuschquelle weiter nach rechts gedeutet als sie in Wirklichkeit ihren Ursprung hatte.

Es liegt eine eindeutige Verschiebung nach rechts, ohne eine einzige Abweichung nach links vor.

Aus der Diagnose ergibt sich eine Pyramidenlängsfraktur nach einem Unfall vor 1 Monat mit Schädeltrauma und Blutungen aus dem linken Ohr. Somit kann die Ursache der Verschiebung des gehörten Geräusches nach der vom Unfall offenbar nicht betroffenen Seite in der Traumatisierung der linken Schädelseite - die Blutung aus dem Ohr spricht dafür - geschlossen werden.

B Untersuchungsmaterial und Auswertungskriterien

Für die vorliegende Untersuchung standen die Krankenblätter des Zentrums der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde aus der Zeit vom 1.1.1963 bis zum 30.6.1974 zur Verfügung. Anhand einer Spezialkartei, in der nur die Richtungshörprüfergebnisse aus dem genannten Zeitraum

erfaßt sind, konnten 716 Krankenblätter ausgewählt und ausgewertet werden. Das Krankengut umfaßt in erster Linie normalhörende Patienten, die entweder mit Verdacht auf Schwerhörigkeit oder mit Schwindel kamen oder vom Hausarzt oder Facharzt dorthin überwiesen wurden.

Um den jeweiligen Fall in der Statistik erscheinen zu lassen, mußten verschiedene Kriterien erfüllt sein.

Die Aufgabe bestand zunächst darin, alle die Fälle zu finden, die trotz normalem Tongehör bei der Richtungs-
hörprüfung deutlich abweichen. Dazu galt es abzugrenzen, welches Hörvermögen noch als normal anzusehen ist und ab welchem Wert das Richtungsgehör deutlich abweicht.

1. Kriterium: Tongehör

Als für das Richtungsgehör in erster Linie maßgebliche Frequenzen betrachten wir die Werte c2 (500 Hz), c3 (1000 Hz) und c4 (2000 Hz), von denen wiederum c2 und c3 am allerwichtigsten sind, weshalb in diesem Bereich nur ein maximaler Hörverlust von 20 dB zugelassen ist.

Für die Hördifferenz wurden noch strengere Maßstäbe angelegt: Entweder durften beide Werte (die Hörverlustdifferenzen bei c2 und c3) nicht größer sein als 5 dB oder es konnte ein Wert davon 10 dB betragen, wenn der andere gleich Null war. Schließlich durfte die Tonhördifferenz für c4 bis zu 15 dB betragen, wenn wenigstens ein Wert (der für c2 oder c3) keine Hördifferenz zeigte. Nur bei Hirntumoren, bei denen ein spezifischer Zusammenhang auf der Hand lag, wurden ausnahmsweise für c4 größere Hördifferenzen zugelassen, aber auch nur dann, wenn sich ein Richtungsüberwiegen zugunsten des schlechter hörenden Ohres ergab.

2. Kriterium: Richtungsgehör

Das Richtungsüberwiegen war als deutlich anzusehen, sobald von 36 Einzelprüfungen mindestens 8 Fehldeutungen nach einer Seite registriert wurden, nach der anderen Seite aber höchstens eine Abweichung, und ab 10 gleichgerichteten Mißdeutungen durften maximal 2 entgegengerichtete Fehler auftreten. Eine größere Fehlerzahl nach der anderen Seite hätte die Beurteilung "allgemeine Lokalisationsunsicherheit" verdient und fiel somit aus dem Rahmen dieser Untersuchung heraus.

Eine Sondergruppe bildete eine kleinere Anzahl von Fällen, bei denen eine sogenannte "S-Charakteristik" nachgewiesen wurde. Es schien uns sinnvoll, in einer parallel laufenden Betrachtung auch diese Patienten in die Untersuchung mit einzubeziehen. An das Tonaudiogramm wurden die gleichen Forderungen gestellt wie im Falle der o.e. unilateralen Richtungsgehör-Störungen. Im Richtungshörtest zeigte sich hier zwar eine Abweichung nach beiden Seiten, aber nicht im Sinne einer allgemeinen Lokalisationsunsicherheit, bei der die Abweichungen unregelmäßig nach links und nach rechts verteilt sind. Es handelt sich vielmehr um Fälle, die regelmäßig alles was von links kommt, zu weit nach links verlagern und alles was von rechts kommt, zu weit nach rechts; wir würden sagen, die Verschiebung ist nach außen gerichtet. Getrennt davon wurden aber auch die umgekehrten Fälle erfaßt, bei denen die Verschiebung nach "innen" (zur Medianebene hin) ausgeprägt ist.

Das Kriterium für das Richtungsgehör in der Gruppe "S-Charakteristik" lautete: Mindestens 12 Abweichungen insgesamt, die Differenz zwischen der Anzahl der Rechts- bzw. Linksabweichungen maximal 2 und ab 12 Abweichungen insgesamt eine Differenz von 3. Entgegengerichtete Streuungen innerhalb des Sektors bestimmten Überwiegens waren nicht zugelassen.

VIII AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE

A Auswertung der Fälle mit Richtungsüberwiegen nach einer Seite

Verwertbar nach den vorher dargelegten Anforderungen an das Ergebnis aus der Prüfung des Tonaudiogramms und des Richtungsgehörs erweisen sich 584 Prüfbögen. Diese Zahl stellt etwa 10 bis 15 % aller aus dem Zeitraum zwischen 1963 und 1974 überprüften Testprotokolle dar.

Vorab sind 91 Patienten aussortiert worden, won welchen 22 gänzlich ohne auffindbare Diagnosen sind und 69 lediglich normal hörende Patienten darstellen - ohne sonstigen anamnestischen oder diagnostischen Hinweis. Sonst entsprechen diese 91 Probanden allerdings den genannten Anforderungen.

Zusätzlich sind 92 Probanden aussortiert worden, entweder wegen einer zu geringen Fallzahl oder weil ein sinnvoller pathologischer Zusammenhang der Diagnose mit gerichteter Fehllokalisation im Richtungshören nicht festzustellen ist. Diese Fälle werden in die Bewertung nicht mit einbezogen.

Es handelt sich um:

11 Fälle mit der einzigen Diagnose "Innenohrschwerhörigkeit",
17 Fälle mit der einzigen Diagnose "Hochtonverlust",
41 Fälle mit der einzigen Diagnose "Presbyakusis",
1 Fall mit der einzigen Diagnose "Mastoitis",
3 Fälle mit Ohrenschmerzen ohne Angabe der Ursache,
6 Fälle mit Sinusitiden,
5 Fälle mit Hyper- oder Hypofunktion der Schilddrüse,
3 Fälle mit Sklerosen unterschiedlicher Art und um
5 Fälle mit Tumoren außerhalb des Gehirns.

Die restlichen 492 Fälle haben wir in Tabelle 1, sortiert nach Diagnose, zusammengestellt. Die verschiedenen Diagnosen sind durchgehend numeriert, hinter der Diagnose findet sich die Gesamtzahl der erfaßten Fälle, dahinter die Zahl der Patienten mit einer Richtungsverschiebung nach rechts und schließlich die mit Überwiegen nach links. Der Vollständigkeit halber sind ab Nr. 26 auch die 92 Probanden noch einmal mit aufgeführt, bei denen sich kein Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Diagnose und Richtungsüberwiegen erkennen läßt.

TABELLE 1

Nr.	Diagnose	Verschiebung		
		Gesamt	nach rechts	nach links
1	Befund an der HWS	51	35	16
2	Halswirbelerkrankung	2	1	1
3	Drehschwindel	32	24	8
4	Menière	4	1	3
5	Nystagmus	21	9	12
6	Labyrinthitis	4	2	2
7	Hyper-/Hypotonie	18	9	9
8	Kreislaufkrankung	14	6	8
9	Aufzugsgefühl	2	0	2
10	Schwarzwerden vor den Augen	8	5	3
11	Hirnprozess	27	13	14
12	Akustikusneurinom	4	3	1
13	Meningitis/Encephalitis	3	1	2
14	Unfall mit Schädelverletzung	73	34	39
15	Neuralgisch	8	5	3
16	Kopfschmerzen	43	27	16
17	Neuritis vestibularis	4	3	1
18	Facialisparese	18	9	9
19	Vegetatives Syndrom	3	3	0
20	Epilepsie	6	2	4
21	Multiple Sklerose	5	4	1
22	Streptomycin-Behandlung	22	14	8
23	Schwindel	111	70	41
24	Gleichgewichtsstörungen	22	16	6
25	Erbrechen am Morgen	9	5	4

TABELLE 1 (Fortsetzung)

Nr.	Diagnose	Gesamt	Verschiebg.	Verschiebung
			nach rechts	nach links
26	Innenohrschwerhörigkeit	11	7	4
27	Hochtonverlust	23	13	10
28	Presbyakusis	41	23	18
29	Otitis media	0	0	0
30	Mastoiditis	1	0	1
31	Ohrenschmerzen	2	0	2
32	Sinusitis	4	1	3
33	Schilddrüse	4	3	1
34	Sklerosen	1	1	0
35	Allgemeine Tumoren	5	4	1

Um die Befunde zahlenmäßig übersichtlicher zu gestalten, haben wir in Tabelle 2 verwandte Diagnosen in Gruppen zusammengefaßt. Eingetragen ist wieder die Gesamtzahl innerhalb der Gruppe, sowie die Rechts- und die Linksverschiebung.

Die gleichen Angaben finden sich in vereinfachter Form noch einmal in Tabelle 3. Zusätzlich zur Zahl der Fälle ist hier noch der prozentuelle Anteil der einzelnen Gruppen eingetragen und in der letzten Spalte das Verhältnis zwischen der Zahl der Fälle mit Rechtsverschiebung und der Zahl der Fälle mit Richtungsverschiebung nach links.

Mit Ausnahme der Gruppe C (Tonusschwindel) und D (Hirnprozesse), bei denen ein geringfügiges Überwiegen nach links im Verhältnis 0,9 : 1 festgestellt werden konnte, finden wir in allen anderen Gruppen ein deutliches Überwiegen der Richtungsabweichung nach rechts, was ganz besonders deutlich in der Gruppe A (HWS-Syndrome) mit einem Verhältnis von 2,09 : 1 zum Ausdruck kommt.

TABELLE 2

Diagnose	Gesamt	Verschiebg. nach rechts	Verschiebg. nach links
A:			
1 Befund an der HWS	51	35	16
2 Halswirbelerkrankung	2	1	1
	53	36	17
B:			
3 Drehschwindel	32	24	8
4 Menière	4	1	3
5 Nystagmus	21	9	12
6 Labyrinthitis	4	2	2
	61	36	25

TABELLE 2 (Fortsetzung)

Diagnose	Gesamt	Verschiebg. nach rechts	Verschiebg. nach links
C:			
7 Hyper-/Hypotonie	18	9	9
8 Kreislauferkrankung	14	6	8
9 Aufzugsgefühl	2	0	2
10 Schwarzwerden vor den Augen	8	5	3
	42	20	22
D:			
11 Hirnprozess	27	13	14
12 Akustikusneurinom	4	3	1
13 Meningitis/Encephalitis	3	1	2
14 Unfall mit Schädelverletzung	73	34	39
	107	51	56
E:			
15 Neuralgisch	8	5	3
16 Kopfschmerzen	43	27	16
17 Neuritis vestibularis	4	3	1
18 Facialisparese	18	9	9
19 Vegetatives Syndrom	3	3	0
20 Epilepsie	6	2	4
21 Multiple Sklerose	5	4	1
	87	53	34
F:			
23 Schwindel	111	70	41
24 Gleichgewichtsstörungen	22	16	6
25 Erbrechen am Morgen	9	5	4
	142	91	51

TABELLE 3

Gruppen	Zahl der Fälle	%der Fälle	R	L	R/L
A:					
Befund an der HWS (1,2)	53	10,8	36	17	2,09 : 1
B:					
Vestibularis-Schwindel (3,4,5,6)	61	12,4	36	25	1,44 : 1
C:					
Tonusbedingter Schwin- del (7,8,9,10)	42	8,6	20	22	0,91 : 1
D:					
Hirn-Prozesse (11,12,13,14)	107	21,7	51	56	0,91 : 1
E:					
Neurale Krankheitsbil- der (15,16,17,18,19,20,21)	87	17,7	53	34	1,60 : 1
F:					
Schwindel ohne Zuord- nung (23,24,25)	142	28,8	91	51	1,80 : 1

B Auswertung der Testprotokolle, bei denen sich eine
"S-Charakteristik" ergibt

Wie schon erwähnt, wollen wir mit "S-Charakteristik" alle die Ergebnisse bezeichnen, bei denen nur von links kommender Schall zu weit nach links, von rechts kommender Schall dagegen zu weit nach rechts verlagert wird (Verschiebung nach außen) und darüber hinaus alle die Fälle, bei denen sich genau das umgekehrte Verhalten zeigt, daß nämlich von links kommender Schall mehr nach rechts und von rechts kommender Schall nach links verschoben ist (Verschiebung nach innen).

Im Auswertungszeitraum 1963 bis 1974 standen 132 Prüfungsprotokolle mit "S-Charakteristik" zur Verfügung, wovon nur 113 ausgewertet wurden, weil sich für den Rest kein diagnostischer Hinweis finden ließ. In der tabellarischen Zusammenstellung haben wir den gleichen Diagnose-Schlüssel verwendet wie in der vorhergehenden Untersuchung an Fällen mit regelmäßiger Verschiebung der Richtungsempfindung nur nach einer bestimmten Seite. Auch die Diagnosen 26 bis 34 sind wieder mit aufgeführt, um das Bild abzurunden.

79 Probanden hatten eine Verschiebung des Richtungsein-

druckes nach außen und 34 Fälle zeigten eine Verschiebung nach innen. Das Verhältnis zwischen der Zahl der Fälle mit Verschiebung nach außen und der Verschiebung nach innen betrug insgesamt 2,4 : 1. Damit überwiegt die Gruppe mit Richtungsabweichung aus der Mitte heraus um das 2,4-fache. Es handelt sich also in der Mehrzahl um alle die Fälle, bei denen wir in beiden Hemisphären eine verzögerte Reizleitung annehmen können.

TABELLE 4

Nr.	Diagnose	Gesamt	Verschiebg. nach	
			außen	innen
1	Befund an der HWS	7	5	2
2	Halswirbelerkrankung	1	1	0
3	Drehschwindel	7	5	2
4	Menière	2	2	0
5	Nystagmus	5	4	1
7	Hyper-/Hypotonie	5	4	1
8	Kreislaufkrankung	2	1	1
9	Aufzugsgefühl	2	2	0
11	Hirnprozess	10	5	5
12	Akustikusneurinom	7	5	2
14	Unfall mit Schädelverletzung	9	6	3

TABELLE 4 (Fortsetzung)

Nr.	Diagnose	Gesamt	Verschiebg. nach	
			außen	innen
15	Neuralgisch	2	1	1
16	Kopfschmerzen	15	10	5
18	Facialisparese	6	5	1
19	Vegetatives Syndrom	1	1	0
21	Multiple Sklerose	1	0	1
23	Schwindel	18	11	7
24	Gleichgewichtsstörungen	4	2	2
25	Erbrechen am Morgen	9	9	0
26	Innenohrschwerhörigkeit	2	0	2
27	Hochtonverlust	3	2	1
28	Presbyakusis	0	0	0
29	Otitis media	1	1	0
31	Ohrenschmerzen	1	1	0
32	Sinusitis	2	1	1
33	Schilddrüse	1	1	0
34	Sklerosen	2	1	1

In Tabelle 5 sind die verwandten Diagnosen wieder zusammengefaßt, entsprechend Tabelle 2. Außer der Gesamtzahl ist hier die Verschiebung nach außen bzw. nach innen eingetragen.

TABELLE 5 "S-Charakteristik"

Diagnose	Gesamt	Verschiebung	
		nach außen	nach innen
A:			
1 Befund an der HWS	7	5	2
2 Halswirbelerkrankung	1	1	0
	8	6	2
B:			
3 Drehschwindel	7	5	2
4 Menière	2	2	0
5 Nystagmus	5	4	1
	14	11	3
C:			
7 Hyper-/Hypotonie	5	4	1
8 Kreislauferkrankung	2	1	1
9 Aufzugsgefühl	2	2	0
	9	7	2
D:			
11 Hirnprozess	10	5	5
12 Akustikusneurinom	7	5	2
14 Unfall mit Schädelver- letzung	9	6	3
	26	16	10

TABELLE 5 "S-Charakteristik" (Fortsetzung)

Diagnose	Gesamt	Verschiebung	
		nach außen	nach innen
E:			
15 Neuralgisch	2	1	1
16 Kopfschmerzen	15	10	5
18 Facialisparese	6	5	1
19 Vegetatives Syndrom	1	1	0
21 Multiple Sklerose	1	0	1
	25	17	8
F:			
23 Schwindel	18	11	7
24 Gleichgewichtsstörungen	4	2	2
25 Erbrechen am Morgen	9	9	0
	31	22	9

In einer weiteren Tabelle (Tab. 6) wird dargestellt, wie sich die zahlenmäßige Verteilung zwischen den jeweils mehr nach außen und den nach innen zur Medianebene hin lokalisierenden Patienten verhält.

TABELLE 6

Diagnosen	Pat. Zahl	% der Fälle	Außen	Innen	Außen/Innen
A:					
Befund an der HWS (1,2)	8	7,1	6	2	3,00 : 1
B:					
Vestibularis-Schwindel (3,4,5)	14	12,4	11	3	3,67 : 1
C:					
Tonus-Schwindel (7,8,9)	9	8,0	7	2	3,50 : 1
D:					
Hirn - Prozesse (11,12,13)	26	23,0	16	10	1,60 : 1
E:					
Neurale Krankheitsbil- der (15,16,18,19,21)	25	22,1	17	8	2,12 : 1
F:					
Schwindel ohne Zuord- nung (23,24,25)	31	27,4	22	9	2,33 : 1

In allen Gruppen zeigt sich, daß die Mehrzahl der Probanden den Prüfschall von der Medianebene weg weiter nach außen deuten als es dem geometrischen Ort der Schallquelle entspricht.

Damit ist eine Verminderung der Reizleitungsgeschwindigkeit zu vermuten, mit der die Impulse zentralwärts geleitet und registriert werden.

Am meisten ist die Tendenz in Gruppe B (Vestibularis-Schwindel) ausgeprägt (3,67-fach höher), am geringsten in Gruppe D (Hirnprozess), wo sich ein Überwiegen der Richtungsabweichung nach außen im Verhältnis 1,6 : 1 ergibt.

Die Aufstellung in Tabelle 7 gibt noch einmal eine Gesamtübersicht über alle Ergebnisse und zwar sowohl in bezug auf die einseitig gerichtete Verschiebung der Lokalisationsempfindung, als auch auf die "S-Charakteristik", bei der entweder alles nach außen oder innen zur Medianebene hin verlagert wird.

Wir erhalten so einen umfassenden Überblick über die Häufigkeit der Verschiebung in den einzelnen Symptom-Gruppen, die Verteilung von einseitiger und doppelseitiger Verschiebung und wie die Zahlenverhältnisse rechts/links bzw. außen/innen verteilt sind.

Einseitige Richtungsabweichung						"S-Charakteristik"				
	Zahl der Fälle	% am Gesamt	nach rechts	nach links	Verhältnis r/l	Zahl der Fälle	% am Gesamt	nach außen	nach innen	Verhältnis außen : innen
A. Befund an der HWS	53	10,8	36	17	2,09 : 1	8	7,1	6	2	3,0 : 1
B. Vestibularis-	61	12,4	36	25	1,44 : 1	14	12,4	11	3	3,67 : 1
C. Tonus - Schwindel	42	8,6	20	22	0,91 : 1	9	8,0	7	2	3,50 : 1
D. Hirn - Prozesse	107	21,7	51	56	0,91 : 1	26	23,0	16	10	1,60 : 1
E. Neurale Krankheitsbilder	87	17,7	53	34	1,60 : 1	25	22,1	17	8	2,12 : 1
F. Schwindel ohne Zuordnung	142	28,8	91	51	1,80 : 1	31	27,4	22	9	2,33 : 1

Abschließende Zusammenfassung der Ergebnisse
durch Bilden von Hauptgruppen

In der Hoffnung, das Bild noch weiter abrunden zu können, haben wir in Tabelle 8 die Diagnosegruppen noch weiter zusammengefaßt.

Aus den Gruppen B, C, F haben wir die Hauptgruppe H_1 "Schwindelerscheinungen" gebildet. Sie besteht aus den Diagnosegruppen Vestibularis-Schwindel, Tonus-Schwindel und Schwindel ohne Zuordnung. Die Hauptgruppe H_2 "Durchblutungsstörungen" umfaßt die Untergruppen A und C, Befund an der HWS und Tonus-Schwindel. Die Hauptgruppe H_3 "Neurale Befunde insgesamt" setzt sich schließlich aus den Gruppen D und E zusammen, Hirnprozesse und Neurale Krankheitsbilder.

Die Gruppe H_1 nimmt den ersten Platz ein mit 245 Probanden. Das entspricht 49,7 % aller in Frage kommenden Protokolle. Davon weisen 147 ein nach rechts verschobenes Richtungsgehör auf, 98 ein nach links verschobenes. Damit ergibt sich ein Überwiegen von rechts zu links um das 1,5-fache.

Die Hauptgruppe H_2 besteht aus 95 Protokollen, aus denen hervorgeht, daß 56 ein nach rechts und 39 ein nach links verschobenes Richtungsgehör aufweisen. Das entspricht einem Überwiegen von rechts zu links um das 1,44-fache.

Die dritte Hauptgruppe H_3 umfaßt 194 Probanden. 104 davon weisen eine Verschiebung des Richtungsgehörs nach rechts, 90 nach links aus. Daraus ergibt sich ein geringes Überwiegen nach rechts um das 1,1-fache.

<u>Einseitige Richtungsabweichung</u>							<u>"S-Charakteristik"</u>			
	Zahl der Fälle	% am Gesamt	nach rechts	nach links	Verhältnis rechts zu links	Zahl der Fälle	% am Gesamt	nach außen	nach innen	Verhältnis außen zu innen
H ₁ : B + C + F Schwindeler-scheinungen	245	49,7	147	98	1,5 : 1	54	47,8	40	14	2,8 : 1
H ₂ : A + C Durchblutungs-störungen	95	19,3	56	39	1,4 : 1	17	15,1	13	4	4,3 : 1
H ₃ : D + E Neurale Befunde insgesamt	194	39,4	104	90	1,1 : 1	51	45,1	33	18	1,8 : 1

TABELLE 8

Abschließende Zusammenfassung der Gruppen mit
der sogenannten "S-Charakteristik"

Wie in Tabelle 8 ersichtlich, nimmt auch hier die Hauptgruppe H_1 mit der Zusammenfassung von Schwindelerscheinungen den ersten Platz ein mit 54 Probanden. Hier zeigt sich ein ausgeprägtes Überwiegen der den Richtungseindruck nach außen verschiebenden Patienten mit 40 gegen 14.

In der Hauptgruppe H_2 finden sich 17 Probanden. Das rein zahlenmäßige Übergewicht der Patienten mit Verlangsamung der Reizleitungsgeschwindigkeit beträgt hier 4,3 : 1.

In der Hauptgruppe H_3 , der Zusammenfassung der neuralen Befunde, sind 51 Patientenprüfbögen ausgewertet worden. Es findet sich eine Mehrheit der Probanden, welche ein gestörtes Verhältnis zwischen Schalleinfallswinkel und der Zeitdifferenzen bei der neuralen Fortleitung aufweisen in der Größenordnung von 1,8 : 1.

S C H L U S S B E T R A C H T U N G

Wenn sich am Ende der Arbeit die Frage stellt, welche Schlußfolgerungen aus den angestellten Untersuchungen und deren Ergebnissen gezogen werden können, so läßt sich sagen, daß es mit dem zugänglichen Material gelungen ist, die Beziehungen von gestörtem Richtungsgehör und allgemeinen klinischen Diagnosen aufzuhellen.

Aus den Resultaten der Gegenüberstellung bei einseitig gestörtem Richtungsgehör geht die Tendenz hervor, daß die Fehllokalisation hauptsächlich nach rechts erfolgt. Die ausgeprägtesten Werte zeigen die Gruppen A (Befund an der HWS) und F (Schwindel ohne Zuordnung), während bei C (Tonusschwindel) und D (Hirn-Prozesse) sogar ein leichtes Überwiegen nach links vorliegt (siehe Diagramm).

Jedoch läßt sich daraus nicht unbedingt die Aussage ableiten, daß für die Rechtsabweichung pathologische Ursachen zu suchen sind, wenn man weiß, daß die Untersuchungen an normalhörenden Patienten gleichermaßen ein Ungleichgewicht nach

rechts ergeben. Die Verschiebung nach einer Seite gibt lediglich Grund zu der Vermutung, daß die Ursache für die Richtungsabweichung mit größerer Wahrscheinlichkeit in den peripheren Abschnitten zu suchen ist, also entweder in den afferenten Bahnen vom Innenohr zum Kleinhirn oder im Kleinhirn selbst, wobei in erster Linie an eine pathologische Verzögerung der Latenzzeiten zu denken ist.

Die zu beobachtende Gesetzmäßigkeit, daß zur rechten Seite hin häufiger Verschiebungen auftreten, könnte eine Erklärung durch die Bevorzugung dieser Hemisphäre als Arbeitsseite erfahren. In Gruppe A, den Befunden an der HWS, hätte diese Hypothese sicherlich eine Berechtigung.

Ebenfalls periphere Ursachen können im Falle des gestörten Richtungsgehörs in Zusammenhang mit Tinnitus angenommen werden.

Im Falle des Vestibularisschwindel sollten pathologische Veränderungen am Innenohr ursächlich für die Fehllokalisation der Schallbilder gesehen werden.

Beim Vorliegen eines Hirntumors ist die Verschiebung des Richtungsgehörs im Zusammenhang mit der jeweiligen geometrischen Lage des Neoplasma zu sehen. Hier könnte die Modellvorstellung herangezogen werden, daß das Erkennen der Schallrichtung von der Anzahl der angesprochenen Zellen abhängig ist. Der Tumor bringt eine Verringerung der Zellzahl mit sich und außerdem eine Verlängerung der Latenzzeit. In dieser Gruppe findet keine Bevorzugung einer bestimmten Seite statt, was zu einem nahezu ausgewogenen Verhältnis von rechts zu links führt.

Beim Schwindel ohne Zuordnung läßt sich eine Erklärung für das zahlenmäßige Überwiegen nach rechts nicht finden, da keine Angaben über bestehende internistische, neurologische oder sonstige Diagnosen zur Verfügung stehen.

Auch im Falle der sogenannten "S-Charakteristik" überwiegt eine bestimmte Tendenz. Trotzdem sind die Ergebnisse zu vielschichtig, als daß man sicher sagen kann, bestimmte Richtungsgehör-Störungen lassen bestimmte pathologische Befunde erwarten.

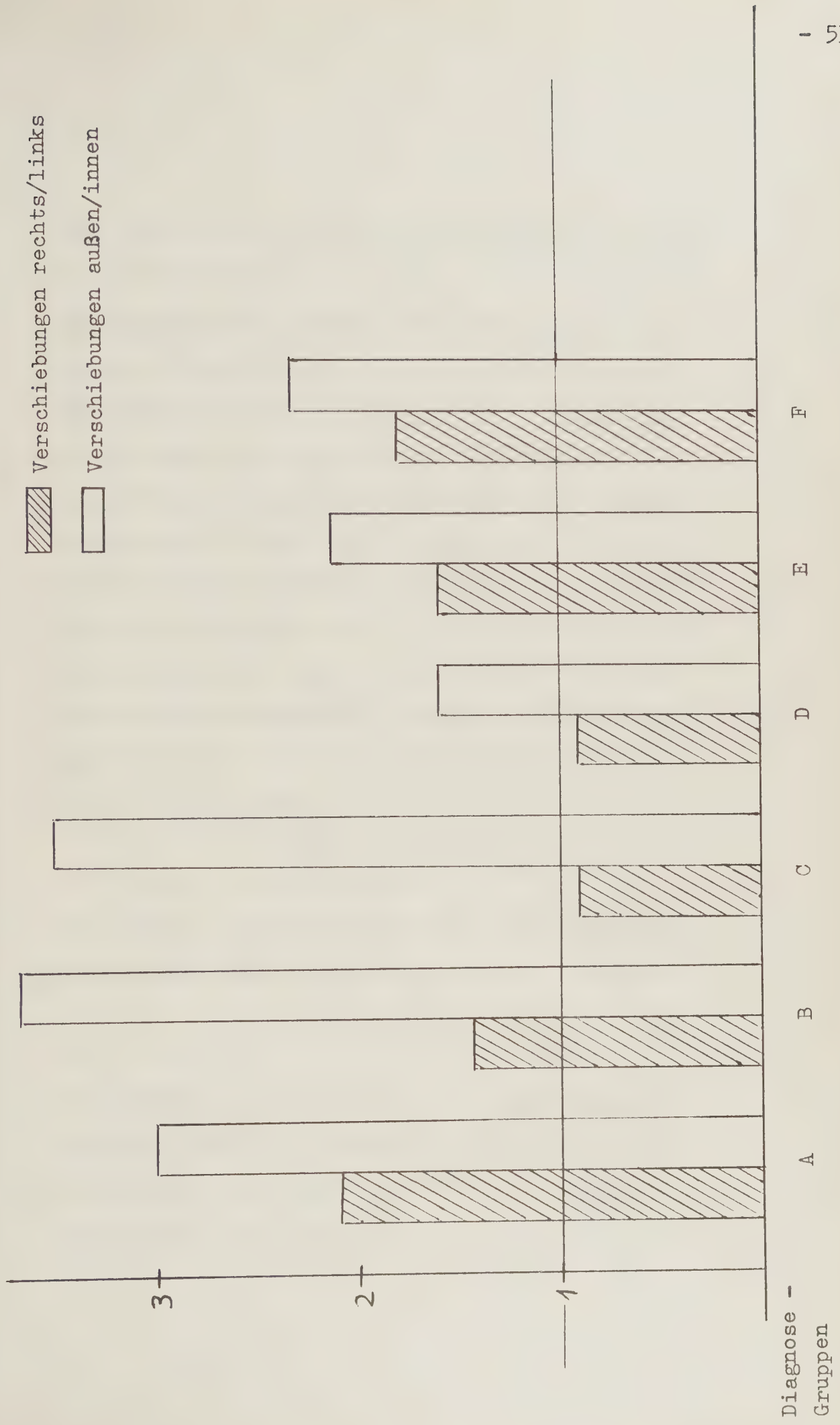
Die vorhandenen Schwerpunkte in den Ergebnissen entbehren der überzeugenden Deutlichkeit. Eine pathologisch verminderte Reizleitungsgeschwindigkeit in den afferenten Bahnen beider Seiten bedingt mehr oder weniger ausgeprägt die Fehllokalisierung jeweils weiter nach außen auf beiden Seiten der Lautsprecherkette.

In den Gruppen A, B und C ist diese Verlängerung der Latenzzeit augenfällig zu beobachten. In den Gruppen D und E zeigt sich eher ein Trend zum Ausgewogensein. Eine Verkürzung der Latenzzeit läßt sich schwer erklären, die Ursachen dafür sind wohl zentral, also in den Kleinhirn-Hemisphären zu suchen.

Das Diagramm auf der folgenden Seite zeigt die graphische Gegenüberstellung der Größenordnungen von einseitigem Richtungsgehör zu Verschiebungen nach außen bzw. innen.

Gegenüberstellung der Zahlenwerte von einseitigen Richtungsverschiebungen

und Verschiebungen nach außen bzw. nach innen



Z U S A M M E N F A S S U N G

Den Anfang der Arbeit bildet ein ausführlicher Überblick über die unterschiedlichen Richtungs-
hörtheorien, mit Augenmerk auf die heute allgemein anerkannten Vorstellungen über das Zustandekommen eines Richtungseindrucks. Erwähnt werden die physiologischen und die physikalischen Theorien und die Tatsache, daß eine Trennung von beiden nicht sinnvoll ist. Die Fähigkeit, eine Schallquelle zu lokalisieren, hängt vom Laufzeitunterschied und von der Lautstärkendifferenz ab, wobei der Laufzeitunterschied für den alltäglich angebotenen Frequenzbereich am menschlichen Ohr überwiegend die Ortung ermöglicht.

Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit den Störungen des Richtungsgehörs und den morphologischen Orten, an denen sie wirksam sind.

Außerdem findet das Phänomen Erwähnung, daß von einer Anzahl von Probanden seitlich einfallende Schallereignisse zu weit nach außen gedeutet werden. Alles, was von rechts kommt, wird unnatürlich

weit nach rechts verlegt und jeder Linkseindruck übertrieben stark nach links, nur der Mitteneindruck erscheint normal ("S-Charakteristik").

Die Versuchsanordnung besteht aus 9 auf einem Kreisbogen um den Patienten angeordneten Lautsprechern, die zum Probanden einen Abstand von 2,0 m bis 2,3 m bilden. Der Winkelabstand der Lautsprecher voneinander beträgt $7,5^\circ$, die maximale Abweichung von der Mittellinie 30° . Als Prüfungssignal wird ein knackfrei einschaltbares weißes Rauschen verwandt, das in einer Lautstärke von 70 dB (A) dem Patienten jeweils für ca 2 sec angeboten wird. Aus jedem Lautsprecher ertönt das Testgeräusch insgesamt 4 mal, so daß 36 Einzelprüfungen erfolgen. Der Patient gibt die Nummer des Lautsprechers an, der seiner Tonempfindung zugeordnet ist.

Ein zusätzlich erstelltes Tonaudiogramm soll Patienten mit gestörtem Tongehör eliminieren helfen. Bestimmte Kriterien werden für die Auswahl des Probandengutes herangezogen. Im Tonaudiogramm beschränkt sich die Auswertung auf die Frequenzen 500 Hz (c_2) und 1000 Hz (c_3),

da sie einmal im Hauptsprachbereich liegen und den für das Richtungshören wichtigsten Frequenzbereich umfassen. Bei symmetrischer Schwerhörigkeit darf der Hörverlust für diese beiden Frequenzen maximal 20 dB betragen. Um Hörasymmetrien zu vermeiden, waren für c_2 und c_3 Hördifferenzen von höchstens 5 dB zugelassen oder, wenn eine der Frequenzen keine Differenz aufwies, durfte die andere maximal 10 dB Unterschied haben.

Nur Probanden, in deren Untersuchungsunterlagen von 36 Einzelprüfungen mehr als 8 Fehldeutungen nach einer Seite festgestellt wurden, kamen nach Erfüllen der oben erwähnten Gesichtspunkte zur Auswertung. Im Falle der sogenannten "S-Charakteristik" mußten insgesamt 12 Abweichungen vorliegen, davon 7 nach einer Seite.

492 Fälle mit einseitiger Verschiebung und 113 mit der sogenannten "S-Charakteristik" kamen aus dem Zeitraum von 1963 bis 1974 zur Auswertung und wurden sortiert nach Kriterien, die eine mögliche Zuordnung zu bestimmten Krankheitsbildern erkennen lassen.

Die Auswertung ergibt ein Überwiegen der Richtungsverschiebung nach rechts, die mehr oder weniger ausgeprägt ist. Eine abschließende Zusammenlegung in übergeordnete Gruppen ergibt dieselbe Tendenz.

Auch die Bewertung der Ergebnisse der "S-Charakteristik" zeigt in der Übereinstimmung der Resultate, daß die gehörten Signale in der Mehrzahl weiter nach außen gedeutet werden als es der Wirklichkeit entspricht.

In einer letzten Betrachtung wird erwogen, ob ein Zusammenhang zwischen den verschiedenen Richtungsgehörstörungen und allgemeinen Diagnosen herzustellen ist.

- 58 -
LITERATURVERZEICHNIS

- ASCHOFF, V. "Über das räumliche Hören"
Arb. Gemeinschaft für Forschung des Landes
Baden Württb. 138 : 7, (1962)
- BÉKÉSY, G.v. "Zur Theorie des Hörens"
Phys. Zt. 31 : 824, (1930)
- BORING, E.G. "Auditory Theory with special reference to
intensity, volume and localization"
Amer. Jour. Psychol. 37 : 157, (1926)
- CHRISTIAN, W. "Ein Beitrag zum Richtungshören"
und D. RÖSER Zt. Laryng Rhinol., Otol. 36 : 431 (1957)
- DUNKER, E. "Funktionsprüfung für die oberen Hörbahn-
und KRÄMER, B. abschnitte"
HNO 20 : 351-62, (1972)
- FELDMANN, H. "Untersuchungen zur Diskrimination
differentener Schallbilder"
Arch. Ohr-, Nas.-Kehlk. Heilk. 176 : 601
(1960)
- GREENE, Th.C. "The ability to localize sound"
Arch. Surg. 18/4 : 1825 (1929)
- GREINER, G. "Neurogene und zentrale Hörstörungen"
u. CONRAUX, Ch. HNO-Handb. III/Teil 3 : 2113 (1966)
- GÜTTICH, A. "Zur Klinik der Tumoren des 4. Ventrikels,
zugleich ein Beitrag zur Schallrichtungs-
bestimmung bei intaktem Cochlearis und
fehlendem Vestibularis"
Arch. Ohr-, Nas.-Kehlk. Heilk. 147 : 250-8
(1940)

- HALL, J.L. "Binaural interaction in the accory
superior-olivary nucleus of the cat"
IASA 37 : 814 (1965)
- HALVERSON, H.M. "Binaural localization of tones as de-
pendent upon differences of phase and
intensity"
Amerik. J. Psychol. 33 : 178 (1922)
- HECHT, H. "Über die Lokalisation von Schallquellen"
Die Naturwissenschaften 10 : 107 (1922)
- von HORNBOSTEL, E.M.
u. WERTHEIMER, M. "Über die Wahrnehmung der Schallrichtung"
Sitzber. Akad. d. Wiss. 20 : 388, Berlin
(1920)
- JONGKEES, L.B.W. "Further investigations into a peculiarity
u. v.d. VEER, R.A. of normal directional hearing"
Acta oto-laryng 49 : 47 (1958)
- KEMP, E.H. "Electric responses in the auditory tracts
of brain stem"
Amer. Jour. Physiol. 120 : 304 (1937)
- KIETZ, H. (1) "Das räumliche Hören"
Acustica 3 : 73 (1953)
- KIETZ, H. (2) "Physik des Hörens"
Schwiefert Verlag, Bremen (1960)
- KIETZ, H. (3) "Neue Vorstellungen in der Theorie des
Hörens"
Zt. Laryng Rhinol. 36 : 241 (1957)

- KOBRAK, F. "Über Schizakusis"
Arch. Ohr-, Nas-Kehlk. Heilk.
157 : 543-8 (1951)
- LANGENBECK, B. "Lehrbuch der praktischen Audiometrie"
G. Thieme Verlag, Stuttgart (1970)
- MARX, H. "Unters. zur Theorie des Hörens"
Verh. phys. med. Ges. 54 : 68, Würzburg
(1929)
- MATZKER, J. (1) "Versuch einer Erklärung des Richtungshörens
aufgrund feinsten Zeitunterschiedsregistrie-
rungen"
Acta oto-laryng. 49 : 483 (1958)
- MATZKER, J. (2) "Modell der synaptischen Schaltung in den
Hirnstammkernen der Hörbahn"
Zt. Laryng. Rhinol. 37 : 167 (1958)
- MATZKER, J. (3) "Die Prüfung des Richtungshörens zum Nach-
u. WELKER, H. weis und zur topischen Diagnostik von Hirn-
krankheiten"
Zt. Laryng. Rhinol. 38 : 277 (1959)
- MATZKER, J. (4) "Ein binauraler Hörsynthese-Test zum Nach-
weis zerebraler Hörstörungen"
G. Thieme Verlag, Stuttgart (1958)
- NORDLUND, B. "Directional audiometry"
Acta oto-laryng 57 : 1 (1964)
- OGDEN, R.M. "Hearing"
Harcourt, Brace & Co, New York 351 (1924)

- RANKE "Physiologie des Gehörs"
Springer Verlag, Berlin (1953)
- RÖSER, D. (1) "Schallrichtungsbestimmung bei krankhaft
verändertem Gehör"
Diss., Aachen (1965)
- RÖSER, D. (2) "Die zentralen Vorgänge beim Richtungshören"
Arch. Ohr-, Nas.-Kehlk. Heilk. 177 : 57
(1960)
- LORD RALEIGH, O.M. "On our perception of sound direction"
Phil. Mag. 13 : 214 (1907)
- SIVIAN, L.J. "On minimum audible sound fields"
u. WHITE, S.D. J. acoust. soc. Amer. 4 : 288 (1933)
- STEINBERG, D. "Impedanzbefunde bei zentralen Hörstörungen"
u. LEHNHARD, D. Zt. Laryng. Rhinol. 51 : 693 (1972)
- WENDT, K. "Das Richtungshören bei der Überlagerung
zweier Schallfelder bei Intensitäts- und
Laufzeitstereophonie"
Diss., Aachen (1963)
- WERTHEIMER, M. "Psychomotor coordination of auditory and
visual space at birth"
Science 134 : 1692 (1961)
- WILSON, H.A. "The influence of binaural phase differen-
u. MYERS, C.S. ces of the localization of sound"
Brit. Jour. Psychol. 2 : 363 (1908)

Lebenslauf

Als Sohn des Kaufmanns Gerhard Spies und seiner Ehefrau Johanna, geb. Schaub, wurde ich am 12. Juli 1941 in Königstein i.Ts. geboren. Von 1948 bis 1952 besuchte ich die Pestalozzi-Grundschule in Neu-Isenburg, danach war ich von 1952 bis 1958 Schüler der Freiherr vom Stein-Schule und legte 1962 an der Hermann Lietz-Schule auf Spiekeroog mein Abitur ab. Von 1962 bis 1965 absolvierte ich bei der Commerzbank in Frankfurt und der Berliner Commerzbank AG eine Banklehre, die ich mit der Kaufmannsgehilfenprüfung abschloß. Im Sommersemester 1965 begann ich mit dem Studium der Zahnmedizin in Berlin und legte dort auch am 9. März 1971 an der Freien Universität Berlin mein Staatsexamen ab. Vom 1. April 1971 bis 30. April 1973 arbeitete ich als zahnärztlicher Assistent bei Frau Dr. R. Peiper in Königstein i.Ts. Ab Mai 1973 setzte ich meine Ausbildung als Assistent in der kieferchirurgischen Abteilung an der Universitäts-Zahnklinik 'Carolinum' in Frankfurt a.M. fort. Seit August 1974 praktiziere ich als niedergelassener Zahnarzt in Eschborn i.Ts.

Gerhard Spies

Dank

Die Untersuchungen zu der vorliegenden Arbeit wurden an der Hals-Nasen-Ohren-Universitätsklinik in Frankfurt am Main durchgeführt.

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. D. Röser für die Überlassung des Themas sowie für die freundliche Unterstützung und Beratung während der Durchführung der Arbeit.

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem
Fachbereich Humanmedizin Frankfurt a.M. zur
Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem
Titel

"Möglicher Zusammenhang von gestörtem
Richtungsgehör und internen, ortho-
pädischen sowie neurologischen Er-
krankungen"

in der Hals-Nasen-Ohren-Klinik zu Frankfurt a.M.
unter Leitung von Herrn Prof. Dr. D. Röser ohne
sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der
Abfassung der Arbeit keine anderen Hilfsmittel
benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen
Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung
zur Promotion eingereicht noch die vorliegende
Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Horst Fries

